

BERICHT
ÜBER DEN WASSERCHEMISCHEN ZUSTAND DES UNGARISCHEN
DONAUABSCHNITTES IM JAHRE 1968.
(Danubialia Hungarica XLV.)

von

S. T. DVIHALLY

Ungarische Donauforschungsstation, Alsógöd

Eingegangen: 22. August 1969

Das wasserchemische Laboratorium der Ungarischen Donauforschungsstation hat unter anderem die Aufgabe, die qualitativen und quantitativen Änderungen der im Donauwasser gelösten Stoffe natürlichen Ursprunges kontinuierlich und regelmäßig in dem ungarischen Donauabschnitt zu studieren. Die kontinuierliche Registrierung und Auswertung der wasserchemischen Angaben wird mit Rücksicht auf die Lebewelt des Flusses durchgeführt.

Im Vergleich zu den westeuropäischen Flüssen führt die Donau relativ reines Wasser; der wasserchemische Zustand befindet sich in fast natürlichem Zustand. Die Studierung und Registrierung dieses mehr oder weniger natürlichen Zustandes bildet eine wichtige Aufgabe für diese Jahre, da die Entwicklung der Industrie und der Landwirtschaft der Donauländer und der Aufbau von Wasserkraftwerken die Veränderung des heutigen wasserchemischen Zustandes der Donau nach sich zieht.

Dieser Bericht beschreibt den wasserchemischen Zustand des ungarischen Donauabschnittes im Jahre 1968.

Der wasserchemische Zustand steht immer in Zusammenhang mit der Wasserführung der Donau. Die jährliche Wasserführung wird in dem ungarischen Donauabschnitt meistens durch die Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet der Alpen und weniger in dem der Nordwestkarpaten bestimmt. Dagegen ist im Unterlauf der Donau zufolge der Ausgleichswirkung der Flüsse Drau, Save und Theiß eine gleichmäßigere jährliche Wasserführung zu beobachten. Dementsprechend ist der Wasserstand in dem ungarischen Mittel-Donauabschnitt während des Tauwetters in den Alpen im Frühjahr und später im Frühsommer am höchsten und im Herbst am niedrigsten.

Von diesem Standpunkt aus gesehen, wich das Jahr 1968 von dem gewöhnlichen etwas, da im Einzugsgebiet der ungarischen Donaustrecke im Winter und Frühjahr eine relative Dürre und von August an im Sommer und Herbst eine ungewöhnliche Niederschlagsintensität zu verzeichnen war. Dementsprechend konnten die höchsten Wasserstandswerte im Herbst (das Wasserstandsmaximum des Jahres am 7. September 1968) gemessen werden. Die im Frühsommer regelmäßige „grüne Flut“ ist wahrscheinlich zufolge des niederschlags-

armen Frühjahrswetters ausgeblieben. Hierin schien auch der jährliche mittlere Pegelstandswert mitgewirkt zu haben, der im gegebenen Jahre (an der Buda-pester Strecke: 292,2 cm) um etwa 15 cm unter dem Mehrjahrsmittel geblieben ist. Trotz all diesen Abweichungen kann das Jahr 1968 von hydrologischem Gesichtspunkt als ausgeglichen in Betracht genommen werden, da im Laufe des Jahres durch die Wasserstandsschwankungen weder ein extremes Hochwasser noch ein langdauerndes Niederwasser hervorgerufen worden war.

Die hydrologische Ausgeglichenheit im Jahre 1968 kam auch in den wasser-chemischen Verhältnissen zum Ausdruck. Langdauernde oder wesentliche Abweichungen gegen die wasserchemischen Verhältnisse der früheren Jahre waren weder im natürlichen gelösten Salzgehalt noch in der Impurität (Verunreinigung) des Flusses wahrzunehmen. Die *Tabellen 1* und *2* stellen die Extrem-, Jahresmittel- und Monatsmittelwerte der hydrologischen Angaben und des wasserchemischen Zustandes der Donau für das Jahr 1968 dar. Unsere Untersuchungen wurden in dem ungarischen Donauabschnitt bei Alsógöd (Stromkm 1669) mindestens einmal wöchentlich durchgeführt. Die hier erhaltenen Angaben sind im allgemeinen auch in den anderen, nicht verunreinigten Donauabschnitten Ungarns gültig. Um die Untersuchungsangaben auch mit lokalen Daten ergänzen zu können, sind wasserchemische Analysen auch bei Dunaremete (Stromkm 1824), Esztergom (Stromkm 1719) und Paks (Stromkm 1531) mehrmals durchgeführt worden.

Der *gelöste Sauerstoffgehalt* des Wassers des nicht verunreinigten Donauabschnittes ist im allgemeinen über 7 mg/l. Die Sauerstoffgehaltsverteilung ist im Hauptarm ausgeglichen, das heißt es gibt keinen wesentlichen Unterschied zwischen dem Sauerstoffgehalt der Oberflächenwasserschichten entlang der Ufer und dem in der Nähe des Flußbettes. Extremwerte im Laufe des Jahres: min. 6,4, max. 18,5 mg/l gelöster Sauerstoff. Das ergibt einen Sättigungswert von 38–160%, der der gegebenen Wassertemperatur entspricht. Die Sättigungswerte sind in den Monaten Mai, Juli und Oktober am größten. Nach unseren, seit 1964 registrierten Angaben war das Donauwasser auch in anderen Jahren im Herbst regelmäßig mit gelöstem Sauerstoff übersättigt. Eine Übersättigung im Sommer war dagegen erst in diesem Jahre zu bemerken. Diese Übersättigung kann wahrscheinlich mit dem Ausbleiben der diesjährigen „grünen Flut“ und mit dem Niederwasser im Sommer erklärt werden. Während des Hochwassers scheint die Sauerstoffübersättigung einen biogenischen Ursprung zu haben. In dem nicht verunreinigten Abschnitt kann eine Sättigung von 50–90% in den anderen Perioden des Jahres gemessen werden. Diese Werte werden bei den Abwasserzuflüssen der Städte und Industrieanlagen plötzlich kleiner, — sie betragen oft 35–50%. In einigen Nebenarmen der Donau wurde der gelöste Sauerstoffgehalt des Wassers durch den Abbau einer großen Menge von organischen Stoffen in hohem Grade vermindert. Dies ist bezüglich der Selbstreinigung und infolgedessen vom Gesichtspunkt der Zunahme der bakteriellen Verunreinigungen recht ungünstig, worüber man sogar besorgt sein muß. Dies konnte im Nebenarm der Donau bei Tát (Stromkm 1721) beobachtet werden, wo im Laufe des Jahres unter den ungünstigen hydrologischen und Verunreinigungsverhältnissen öfters eine Sauerstoffsättigung von 5–10% gemessen wurde. Selbst im Hauptarm der Donau schwankten die Sauerstoffsättigungswerte im Jahre 1968 zwischen größeren Grenzen als

in den früheren Jahren und diese Werte zeigten, daß zur Selbstreinigung von gelöstem Sauerstoff eine wesentlich große Menge zur Verfügung stand.

Im Sommer und Frühwinter 1968 wurde auch die tageszeitliche Schwankung des gelösten Sauerstoffgehalts und das schätzbare Maß der biologischen Produktion in dem Hauptarm der Donau (Stromkm 1531), in einem Nebenarm, bei dem jedoch — obgleich er mit der Donau zusammenhängt, die Strömungsverhältnisse von denen des Hauptstroms weichen (Stromkm 1509) — und in einem toten Arm der Donau (Stromkm 1503) studiert. Die Form der 24stündigen Sauerstoffkurven war dennoch auf den drei Untersuchungsstellen in beiden Jahreszeiten ähnlich. Der maximale Sauerstoffgehalt konnte nachmittags und der minimale bei Nacht gemessen werden. Die flächste, am meisten ausgeglichene Kurve ergab in beiden Jahreszeiten der Hauptarm. Die kleinste tageszeitliche Schwankung des gelösten Sauerstoffgehalts war hier zu beobachten. Der Nebenstrom besitzt die mittlere Stelle zwischen den beiden Kurven, d. h. zwischen den Kurven des Hauptarms und des toten Arms. In der letzten Kurve schwanken die Sauerstoffwerte zwischen weiten Grenzen.

Die 24stündigen Sauerstoffuntersuchungen ermöglichen die Primärproduktion des Donauwassers in den verschiedenen Jahreszeiten größenordnungsmäßig zu schätzen. Nach der Brujewitz-Formel berechnet (Alek in, 1962) und aufgrund unserer Messungen beträgt die durchschnittliche Tagesproduktion in dem Haupt- und Nebenarm, sowie im toten Arm des ungarischen Donauabschnittes die folgenden Werte (Tabelle I.).

Tabelle I.

	im Sommer	im Frühwinter
im Hauptarm	6,5	3,9
im Nebenarm	14,5	—
im toten Arm	29,5	4,3 g Sauerstoff m ³ /Tag

Diese Werte sind zwar viel höher als die, die von Knöpp im Rhein gemessen worden sind (Knöpp, 1960), können dennoch mit den in dem ungarischen Donauabschnitt im Jahre 1964 gemessenen Produktionsangaben gut verglichen werden (Knöpp, 1966). Die absolute biologische Produktion, d. h. die täglich produzierte und im Wasser des ungarischen Donauabschnittes abgeförderte Sauerstoffmenge betrug in dem von uns geprüften Hauptarmprofil im Sommer 944 und im Frühwinter 580 t. Obwohl es übertrieben wäre aus den lokalen Untersuchungen für den ganzen Fluß gültige Schlußfolgerungen zu ziehen, zeigen diese Untersuchungen dennoch an, daß das Produktionspotential in der Donau wesentlich, der Stoffwechselverkehr lebhaft und im Vergleich zu den anderen europäischen Flüssen bezüglich der Lebewelt positiv zu bewerten ist.

Der oxydierbare organische Stoffgehalt, der mit dem Sauerstoffverbrauch des Wassers ausgedrückt wird, stammt teilweise aus dem autochthonen Produkt des Flusses, teilweise aus dem organischen Stoffgehalt der industriellen und städtischen Abwässer. Dies betrug in den nichtverunreinigten Donauabschnitt-

ten im Laufe des Jahres 5,1–12,0 mg/l. Der Mittelwert bei Alsógöd (Stromkm 1669) war 8,1 mg/l. Dieser Wert führt gegen die Angaben des vorigen Jahres eine kleine Erhöhung von (die Jahresmittelwerte für 1966 waren 7,7 mg/l und für 1967 7,1 mg/l). In den früheren Jahren konnte man im Donauwasser immer mehr Verunreinigungen durch Öl entdecken, die wahrscheinlich einen langdauernden Verfall der Wasserqualität hervorrufen werden. Die Sauerstoffverbrauchswerte sind in den weniger verunreinigten Donauabschnitten und im Wasser der Nebenarme höher als die obengennanten Werte. So wurde z. B. unter der Stadt Dunaújváros (Stromkm 1570) im Hauptarm im Jahre 1968 ungefähr 18,0 mg/l oder im Nebenarm bei Tát (Stromkm 1721) im selben Jahre 15,5–39,8 mg/l gemessen. Die Sauerstoffverbrauchswerte sind im allgemeinen in den Wintermonaten höher als in den anderen Jahreszeiten. Es können ebenfalls große Sauerstoffverbrauchswerte in den Hochwasserperioden gemessen werden, da zu dieser Zeit die Donau, die Neben- und toten Arme von großer Produktion sowie die in ihnen vorhandene reiche Lebewelt überschwemmt und ihren gelösten organischen Stoffgehalt mit sich reißt. Dazu gelangt noch eine große Menge von organischen Stoffen ins strömende Wasser des Hauptarmes von den überschwemmten Ufern.

Tabelle II.

Extrem- und Mittelwerte des Pegelstandes, der Wassertemperatur, des Durchflusses sowie des wasserchemischen Zustandes der Donau bei Alsógöd (Stromkm 1669) für 1968.

	Maßeinheit	Maximum	Minimum	Mittelwert
Pegelstand	cm	531	120	292,2
Durchfluß	m ³ /sec	4310	950	2091
Wassertemperatur	°C	26,0	0,0	11,4
pH		8,58	7,73	7,99
Alkalität	mval/l	5,14	2,30	2,86
Karbonathärte	deutscher °	14,4	6,4	8,0
Gesamthärte	deutscher °	13,0	8,0	9,9
Kalziumhärte	deutscher °	8,8	4,3	7,4
Magnesiumhärte	deutscher °	4,8	1,2	2,6
HCO ₃ ⁻	mg/l	313,6	125,7	172,3
Ca ⁺⁺	mg/l	62,9	30,7	52,6
Mg ⁺⁺	mg/l	20,8	5,2	11,4
K ⁺ + Na ⁺	mg/l	53,2	0,1	12,0
SO ₄ ⁻	mg/l	61,3	26,1	39,8
Cl ⁻	mg/l	22,5	9,5	13,7
SiO ₂	mg/l	5,9	0,7	3,0
NH ₄ ⁺	mg/l	1,755	0,131	0,605
NO ₂ ⁻	mg/l	0,201	0,026	0,079
NO ₃ ⁻	mg/l	7,7	Spuren	4,9
Sauerstoffverbrauch	mg/l	12,0	5,1	8,1
Gelöster Sauerstoff	mg/l	15,8	6,2	9,9
Sauerstoffsättigung	%	160	46	95,8
Gelöstes CO ₂	mg/l	16,9	0,0	1,7
BSB ₁	mg/l	3,9	0,1	0,67
Fe ⁺⁺⁺	mg/l	0,030	Spuren	0,011
Gesamtes gelöstes Salz	mg/l	505,0	243,9	302,3

Tabelle III.

Monatsmittelwerte des Pegelstandes, des Durchflusses und der wasserchemischen Faktoren der Donau im Jahre 1968

	Maßeinheit	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Pegelstand	cm	288	292	288	376	306	312	313	372	275	341	191	115
Durchfluß	m ³ /sec	2075	2045	2018	2763	2154	2198	2253	2726	1916	2476	1328	1115
Wassertemperatur	°C	0,8	2,6	4,8	11,1	16,4	20,6	20,6	18,8	17,8	11,6	7,5	1,2
pH		7,78	7,82	7,91	8,03	8,33	8,27	8,14	8,08	8,01	7,85	7,80	7,75
Alkalität	mval/l	2,96	2,94	3,01	2,64	2,68	2,54	2,64	2,63	2,72	3,28	2,98	3,35
Gesamthärte	deutscher Grad	11,1	10,6	10,8	9,6	8,8	8,6	8,4	9,4	10,5	10,4	10,8	11,8
Karbonathärte	deutscher Grad	8,3	8,2	8,4	7,4	7,5	7,1	7,4	7,8	7,6	9,2	8,4	9,4
Kalziumhärte	deutscher Grad	8,0	7,4	8,0	7,4	6,9	6,0	6,6	7,1	7,4	7,6	7,8	8,5
Magnesiumhärte	deutscher Grad	3,1	4,2	2,8	2,2	1,9	2,6	1,8	2,2	4,1	3,4	3,0	3,3
HCO ₃ ⁻	mg/l	181,1	179,4	183,4	161,1	163,3	154,6	148,1	151,0	165,9	200,6	181,5	204,2
Ca ⁺⁺	mg/l	57,2	53,1	57,4	52,9	49,4	42,5	47,3	51,0	52,9	54,3	55,4	60,5
Mg ⁺⁺	mg/l	13,4	13,8	12,2	9,3	8,3	11,1	7,9	9,8	13,3	4,7	6,6	14,3
K ⁺ + Na ⁺	mg/l	8,9	16,0	10,5	9,1	13,5	9,9	13,7	3,7	5,6	21,9	16,5	17,1
SO ₄ ⁻	mg/l	35,6	52,2	42,7	37,2	33,8	29,7	31,4	32,3	41,2	39,3	54,6	52,6
Cl ⁻	mg/l	18,3	15,6	15,1	12,0	13,0	11,3	10,8	11,0	12,2	12,6	15,1	17,8
SiO ₂	mg/l	4,5	3,3	3,6	2,6	1,3	2,6	2,2	2,6	2,7	2,8	4,1	4,6
NH ₄ ⁺	mg/l	0,876	1,169	0,657	0,413	0,247	0,255	0,386	0,380	0,508	0,748	0,563	1,116
NO ₂ ⁻	mg/l	0,075	0,059	0,068	0,063	0,090	0,056	0,055	0,062	0,071	0,113	0,150	0,109
NO ₃ ⁻	mg/l	6,9	5,8	7,4	5,1	4,4	4,0	4,3	5,5	4,5	5,1	3,2	4,1
Sauerstoffverbrauch	mg/l	8,7	9,7	7,9	7,0	6,8	7,1	7,8	6,7	9,0	7,4	9,7	10,4
Gelöster Sauerstoff	mg/l	10,7	10,3	11,5	10,7	14,2	12,4	9,9	8,9	11,1	8,8	9,0	8,8
Sauerstoffsättigung	%	80	75	88	98	132	135	110	94	115	80	74	62
Gelöstes CO ₂	mg/l	10,2	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	2,1	0,0
BSB ₅	mg/l	0,0	0,0	0,0	3,2	1,2	2,0	1,5	0,8	1,2	5,4	1,7	0,0
Fe ⁺⁺	mg/l	0,018	0,014	0,008	0,008	0,009	0,010	0,014	0,008	0,005	0,010	0,015	0,012
Gesamtes gelöstes Salz	mg/l	314,3	354,9	321,2	359,0	281,2	259,3	266,3	266,9	290,4	336,2	330,5	366,5
Zahl der durchgeführten Analysen ..		5	4	4	4	5	4	5	4	4	5	4	3

Die Werte des *biochemischen Sauerstoffbedarfs* bleiben überall wesentlich unter denen des Sauerstoffverbrauches. In dem nicht verunreinigten Donauabschnitt wurde ein Maximum von 3,9 und ein Minimum von 0,1 mg/l gemessen.

Die Werte des *Stickstoffhaushaltes* der Donau haben sich im Vergleich zu den Angaben der vergangenen Jahre etwas verändert: der *Ammoniumgehalt* ist im Vergleich zu dem der früheren Jahre größer geworden. Ein Ammoniumgehalt von 0,13–1,76 mg/l konnte im Laufe des Jahres in dem Donauabschnitt bei Alsógöd nachgewiesen werden. Die Werte waren im Winter höher als in den anderen Jahreszeiten. In den nach ihrem Sauerstoffgehalt als verunreinigt klassifizierten Nebenarmen der Donau (Kleine Donau bei Paks, toter Arm bei Tolna) kam das Ammonium im allgemeinen in einer Menge von über 1,2 mg/l vor, sein Maximum erreichte im Donauarm bei Tát sogar 7,74 mg/l. Die auch auf Verunreinigung bzw. Abbauprozesse hinweisenden *Nitrite* und *Nitrate* konnten sogar in den nicht verunreinigten Donauabschnitten – zwar bloß in Spuren – nachgewiesen werden. Die nachgewiesene Menge war jedoch kleiner als die in den früheren Jahren.

Die quantitativen und jahreszeitlichen Änderungen des *Sulfat-* und *Chloridgehaltes* des Wassers des Hauptarmes der Donau weichen von den gewöhnlichen Werten der früheren Jahre nicht ab.

Die *Gesamthärte*, der *Hydrokarbonatgehalt* und der *gesamte gelöste Salzgehalt* des Donauwassers unterschieden sich von denen der früheren Jahre ebenfalls nicht. Die jahreszeitliche Änderung des gelösten Salzgehaltes hing auch in diesem Jahre mit dem Wasserstand bzw. mit dem Durchfluß eng zusammen; in der langdauernden, hohen Pegelstandsperiode oder in den Hochwasserperioden ist der gelöste Salzgehalt kleiner und in der niedrigen Pegelstandsperiode größer gewesen.

Der *Eisengehalt* des Donauwassers ist sehr gering. Er wurde bei Alsógöd von den unteren Grenzen der Nachweisbarkeit in einer maximalen Menge von 0,03 mg/l gemessen. *Mangan* konnte im allgemeinen gar nicht oder nur in Spuren nachgewiesen werden.

Der *freie CO₂-Gehalt* schwankte im Vergleich zu den früheren Jahren im Jahre 1968 zwischen kleineren Grenzen. Nur am Jahresbeginn übertraf er den Wert von 10 mg/l als der Fluß von Eis bedeckt war. Später war er nur zeitweise und in sehr geringer Menge nachzuweisen.

Zusammenfassung

Das Jahr 1968 kann von hydrologischem Standpunkt aus als ausgeglichen betrachtet werden. Im Laufe dieses Jahres zeigten auch die wasserchemischen Verhältnisse den üblichen quantitativen Charakter. Der gelöste Salzgehalt des Wassers änderte sich von dem Pegelstand abhängig. Nur der Sauerstoffverbrauch und die Ammoniumwerte erhöhten sich in geringem Maße im Vergleich zu den Angaben der früheren Jahre. Obwohl die steigende Entwicklung der Industrie und der Landwirtschaft die Reinheit unserer natürlichen Ge-

wässer immer mehr gefährdet, können die Gegebenheiten der großen Wassermenge der Donau vorläufig auch weiterhin als günstig beurteilt werden. Diese vorteilhaften Gegebenheiten lassen sich vor allem in der starken Verdünnung der Verunreinigungen sehen, jedoch üben sie gleichzeitig auch auf die biologische Produktion bzw. die günstige Gestaltung des Produktionspotentials eine Wirkung aus.

SCHRIFTTUM

- Alekin, O. A. 1962. Grundlagen der Wasserchemie. Leipzig.
 Knöpp, H. 1960. Untersuchungen über das Sauerstoffproduktionspotential von Flußplankton. Schweiz. Z. Hydr. **22**, 152–166.
 Knöpp, H. 1966. Zum Stoffhaushalt der Donau. In: Limnologie der Donau. Stuttgart, 97–119.